

Nitruration écologique avec le procédé ZeroFlow

05 décembre 2014, 01:00

ZeroFlow est une forme de nitruration gazeuse plus simple, plus économique et plus écologique que les procédés conventionnels existants.

La nitruration gazeuse de l'acier est depuis longtemps déjà un procédé utilisé pour durcir en surface des pièces en acier. En 2007, Seco Warwick (constructeur de fours en Pologne) a développé en partenariat avec l'université de Poznan le procédé ZeroFlow.

Qu'est-ce que la nitruration gazeuse ?

La nitruration gazeuse est une forme particulière de nitruration, qui se distingue de la nitruration en bain de sel et la nitruration au plasma; dans ce procédé, un gaz contenant de l'azote (le plus souvent de l'ammoniac) est mis en contact avec l'acier. A une température d'environ 550-600 °C dans la phase ferrite de l'acier se produit à la surface une dissociation thermique du gaz ammoniac, d'où résulte une production d'hydrogène et atomes d'azote. Les atomes d'azote se diffusent progressivement dans l'acier. La nitruration gazeuse est donc un processus contrôlé de diffusion, tout comme la cémentation, mais à une température relativement basse, ce qui est un avantage pour la déformation pendant et après le processus.

Après la diffusion (qui peut durer plusieurs heures, voire plusieurs jours), il se forme à la surface une couche (de nitruration), composée d'une mince couche de nitrures de fer (également appelée "couche blanche") avec en-dessous une couche de diffusion plus épaisse, riche en azote. Lorsque la diffusion est terminée, l'acier est refroidi, mais non pas trempé comme dans le cas de la cémentation (carburation et trempage). Cette étape aussi est plus favorable pour la déformation de pièces complexes. En faisant varier la composition du gaz ammoniac et la température, on peut influencer sur la structure des couches, par exemple, revêtement sans couche blanche, etc.

Dans la plupart des procédés, on utilise le dénommé ammoniac 'dissocié' (Floer process), composé d'hydrogène, azote et ammoniac, ce qui permet un bon contrôle du procédé et une réaction rapide, ou l'ammoniac et l'azote comme gaz du processus. Le mélange gazeux est mené dans une cuve de réaction fermée (four de nitruration) et quitte le four de manière continue après le contact avec l'acier. Les résidus de gaz sont brûlés dans une torchère. Le rapport ammoniac/hydrogène détermine la réactivité, exprimée par le 'potentiel de nitruration' et il s'agit d'un paramètre crucial pour le procédé.

Procédé ZeroFlow

La première étape de la nitruration consiste toujours à évacuer (purger) l'air qui se trouve dans le four et à augmenter le dénommé 'potentiel de nitruration' pendant la phase de réchauffement.

Dans le procédé ZeroFlow, cette phase ne présente aucune différence par rapport à la méthode conventionnelle, c'est-à-dire que la consommation de gaz est à peu près identique.

Une différence se produit toutefois pendant la deuxième et la troisième phase (respectivement, potentiel élevé, basse température, faible potentiel et température plus élevée). Dans un procédé conventionnel avec 30 % NH₃ et 70 % NH₃ dissocié, la consommation de gaz est, par exemple 2,5 m³ dans la première phase et 21,5 m³ dans les deuxième et troisième phases, soit au total 24 m³. Le procédé ZeroFlow fonctionne uniquement avec NH₃ (pas avec un mélange gazeux), le flux de gaz dans le four est coupé après la phase de réchauffement. Le gaz riche en azote réagit avec l'acier, au cours du procédé le potentiel d'azote diminue progressivement, mais il est maintenu à un faible niveau (contrairement au procédé conventionnel). La consommation totale de gaz est seulement 6 m³ (dont 2,5 m³ pour la première phase et seulement 3,5 m³ pour les phases suivantes).

Le procédé a été appliqué avec succès sur diverses pièces en acier, par exemple, des moules à verre fabriqués en 42CrAlMo7-10, des roues dentées en 42CrMo4 et 34CrNiMo6, des vilebrequins en acier forgé et des matrices pour moulage d'aluminium par injection. Les couches de nitruration obtenues présentaient des caractéristiques semblables à celles des couches réalisées avec les méthodes conventionnelles.

Le contrôle du processus est toutefois plus simple : il suffit de mesurer le NH₃ et la teneur en hydrogène. Pour appliquer le nouveau procédé, on peut modifier facilement les fours existants, selon l'entreprise. De plus, une installation de dissociation de l'ammoniac n'est pas nécessaire, ce qui représente une importante économie de coûts, un avantage appréciable qui s'ajoute à la moindre consommation de gaz et la moindre émission de gaz à effet de serre.



(Cliquez pour agrandir)

Comparaison entre la consommation de gaz dans le procédé ZeroFlow et 2 procédés conventionnels, utilisant comme gaz du processus de l'ammoniac et de ammoniac dissocié, ou ammoniac et azote (à gauche la nitruration d'un vilebrequin fabriqué en 4340, à droite une roue dentée fabriquée en 31CrMoV9, dans un four ayant un volume de 0,6 m³)

Sources

- Industrial Experiences with Controlled Nitriding using ZeroFlow Method (Heat Treatment Progress 2009)
- Consumption of ammonia in the regulated Zero Flow gas nitriding and used so far processes. (présentation 'Heat Treatment Congress Krakau', 8 octobre 2014)

Auteurs